

NGU Rapport 99.019

Program for "Det 8. seminar om hydrogeologi
og miljøgeokjemi", NGU 10. - 11. februar 1999

Rapport nr.: 99.019		ISSN 0800-3416	Gradering: Åpen
Tittel: Program for "Det 8. seminar om hydrogeologi og miljøgeokjemi", NGU 10. - 11. februar 1999.			
Forfatter: Gaute Storrø og Tove Aune		Oppdragsgiver: NGU	
Fylke:		Kommune:	
Kartblad (M=1:250.000)		Kartbladnr. og -navn (M=1:50.000)	
Forekomstens navn og koordinater:		Sidetall: 34	Pris: kr 55,-
Feltarbeid utført:		Rapportdato: 08.02.99	Prosjektnr.: 2718.00
		Ansvarlig: <i>[Signature]</i>	
<p>Sammendrag:</p> <p>Rapporten presenterer program, deltagerliste og sammendrag av foredrag for «Det 8. Seminar om hydrogeologi og miljøgeokjemi» ved NGU 10. - 11. februar 1999. P.g.a. relativt kort tidsfrist for påmelding til seminaret ble foredragsholderene ikke pålagt å sende inn sammendrag. En komplett samling av sammendrag fra alle foredrag foreligger derfor ikke.</p> <p>Det er samlet innkommet 25 foredrag og 5 plakatpresentasjoner. Foredragene er gruppert i følgende hovedtemaer;</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Grunnvannsstrømning i jord og fjell 2) Strukturgeologi relatert til hydrogeologiske problemstillinger 3) Miljøgeologi <p>Det er samlet påmeldt 62 deltagere til seminaret hvorav 19 er ansatt ved NGU.</p>			
Emneord: Hydrogeologi		Miljøgeologi	Geokjemi
Grunnvann		Fagrapport	

INNHold

Seminarprogram	5
Deltagerliste	9
Sammendrag:	
“Bruk og misbruk av Darcy’s lov”	
David Banks.....	12
“Strømningssimuleringer, georadarundersøkelser og sporstoffforsøk som beslutningsverktøy - eksempler fra Ål i Hallingdal”	
Hervé Colleuille.....	13
«Hydrogeochemistry and hydrogeology of the Cigar Lake uranium deposit, Canada: A unique redox system»	
Jan Cramer	14
“60 døgns oppholdstid - A priori?”	
Arve Misund	15
“Numerisk simuleringer av vannlekkasjer og vanninfiltrasjon i Romeriksporten”	
Hervé Colleuille NVE.....	16
“Test av modelleringsprogrammet Modflow/Modpath for oppholdstidsberegninger”	
Gaute Storrø	17
“Oppgaveplikt ved brønnboring og grunnvannsundersøkelser”	
Geir Morland	18
“NGUs hydrogeologiske engasjement i Sør-Afrika”	
Knut Ellingsen	20
“Kort orientering om HYDRA-Delprosjekt N5; Naturlige magasineringsområder”	
Bjørn A. Follestad	21
“Bruddsystemer og grunnvann langs lineamenter”	
Alvar Braathen	22
«Statistiske undersøkelser av grunnvannspotensialet langs lineamenter. Foreløpige resultater fra Sunnfjord»	
Helge Henriksen	24
“Getting hydrogeological information from airborne geophysical measurements”	
Les Beard	25
“Kartlegging av sprekker i fjell med radartomografi. En fremtidig metode for studie av grunnvannsstrømning i fjell?”	
Eirik Mauring	27
«Do bottle type and acid washing influence trace element analyses by ICP-MS on water samples?»	
Clemens Reimann	28
«Sporelementer i norske borebrønner i berg»	
Bjørn Frengstad	29

<i>“Transport og anrikning av radon kan føre til høy radonrisiko for bygninger på løsmasser”</i>	
Vidar Valen	30
<i>“Vurdering av rødstøvdeponiet i Mo i Rana til videre utnyttelse for ferrokromslam”</i>	
Jan Erik Sørli	31
<i>“Multi-Level Samplers for Groundwater Monitoring”</i>	
Johan B. Knudsen	33
Sammendrag av plakatpresentasjoner:	
<i>«Preliminary studies of groundwater flow in the Hellerud region using a three-dimensional computer modell»</i>	
Laura Landauer	34

DET 8. SEMINAR OM HYDROGEOLOGI OG MILJØGEOKJEMI

Onsdag 10. og torsdag 11. februar 1999

Knut S. Heier konferansesenter, NGU

Leiv Eirikssons vei 39, Lade, Trondheim

PROGRAM

Onsdag 10. februar

09:00 - 09:30 Registrering

09:30 - 09:40 Åpning av seminaret v/avd.dir. Bjørn A. Follestad

Hovedtema 1 - Grunnvannsstrømning i jord og fjell

09:40 - 10:10 *«Bruk og misbruk av Darcy's lov»*
David Banks, Holymoore Consultancy - Storbritannia

10:10 - 10:30 *«Strømningssimuleringer, georadarundersøkelser og sporstoff-forsøk som beslutningsverktøy - eksempler fra Ål i Hallingdal»*
Hervé Colleuille, NVE

10:30 - 10:50 *«Vannstandsstigning i Langvatnet (Kaldvella) – et hydrogeologisk paradoks?»*
Ånund Killingtveit, NTNU

10:50 - 11:10 *«Hydrogeochemistry and hydrogeology of the Cigar Lake uranium deposit, Canada: A unique redox system»*
Jan Cramer, NGU

11:10 - 11:30 *Kaffepause*

11:30 - 11:50 *«60 døgns oppholdstid - A priori?»*
Arve Misund, NGU

11:50 - 12:10 *«Numerisk simuleringer av vannlekkasjer og vanninfiltrasjon i Romeriksporten»*
Hervé Colleuille, NVE

12:10 - 12:30 *«Test av modelleringsprogrammet Modflox/Modpath for oppholdstidsberegninger»*
Gaute Storrø, NGU

12:30 - 12:50 *Avsluttende spørsmålsrunde hovedtema 1*

12:50 - 13:50 **Lunch**

NGU informerer

13:50 - 14:10 **«Oppgaveplikt ved brønnboring og grunnvannsundersøkelser»**

Geir Morland, NGU

14:10 - 14:30 **«NGUs hydrogeologiske engasjement i Sør-Afrika»**

Knut Ellingsen, NGU

14:30 - 14:50 **«Kort orientering om HYDRA-Delprosjekt N5; Naturlige magasineringsområder»**

Bjørn A. Follestad, NGU

Hovedtema 2 - Strukturgeologi relatert til hydrogeologiske problemstillinger

14:50 - 15:10 **«Groundwater flow to fault zones and tunnels»**

Agust Gudmundsson, UiB

15:10 - 15:30 **«Bruddsystemer og grunnvann langs lineamenter»**

Alvar Braathen, NGU

15:30 - 15:50 **«Statistiske undersøkelser av grunnvannspotensialet langs lineamenter. Foreløpige resultater fra Sunnfjordsområdet»**

Helge Henriksen, HiSF

15:50 - 16:20 **Kaffepause og plakatpresentasjoner**

16:20 - 16:40 **«Getting hydrogeological information from airborne geophysical measurements»**

Les Beard, NGU

16:40 - 17:00 **«Kartlegging av sprekker i fjell med radartomografi. En fremtidig metode for studie av grunnvannsstrømning i fjell?»**

Eirik Muring, NGU

17:00 - 17:20 **Avsluttende spørsmålsrunde hovedtema 2**

-----0-----

19:00 **Seminarmiddag, Tordenskiold Kro, Ringve gård – Lade allé 60**

Torsdag 11. februar

09:30 - 12:00 ***Konstituerende møte for norsk IAH-avdeling***

Hovedtema 3 - Miljøgeologi

- 12:00 - 12:20 ***«Betydning av naturlige bakgrunnsverdier ved vurdering av tungmetallforurensning i jord»***
Eiliv Steinnes, NTNU
- 12:20 - 12:40 ***«Gamle synder forsvinner ikke av seg selv. Opprydding på Fornebu etter 50 års næringsaktivitet»***
Ole Ivar Folstad, Reinertsen Engineering ANS
- 12:40 - 13:00 ***«Miljøkonsekvenser ved grunnvannssenknining i forbindelse med tunnelbygging»***
Werner Stefanussen, O.T. Blindheim AS
- 13:00 - 14:00 ***Lunch***
- 14:00 - 14:20 ***«Kjemisk utvikling i fjellbrønner under oppfyllingsfasen, Østmarka»***
Petter Snilsberg, Jordforsk
- 14:20 - 14:40 ***«Do bottle type and acid washing influence trace element analyses by ICP-MS on water samples?»***
Clemens Reimann, NGU
- 14:40 - 15:00 ***«Sporelementer i norske borebrønner i berg»***
Bjørn Frengstad, NGU
- 15:00 - 15:20 ***«Transport og anrikning av radon kan føre til høy radonrisiko for bygninger på løsmasser»***
Vidar Valen, ICG Geofuturum
- 15:20 - 15:40 ***Kaffe***
- 15:40 - 16:00 ***«Vurdering av rødstøvdeponiet i Mo i Rana til videre utnyttelse for ferrokromslam»***
Jan Erik Sørli, NGI
- 16:00 - 16:20 ***«Multi-Level Samplers for Groundwater Monitoring»***
Johan B. Knudsen, UiO

16:20 - 16:40 **«Prosjekt bedre byluft»**
Tom Hedalen, Vegdirektoratet

16:40 - 17:00 **Avsluttende spørsmålsrunde hovedtema 3 og seminaravslutning**

Plakatpresentasjoner

«The regional modelling of permeability in the Dale area, Western Norway».
Helena Amaral (UiB)

«Bruddanalyse og grunnvannsbrønner langs lineamenter; statistisk og reelt grunnvannspotensiale».
Silje S. Berg (UiB), Helge Henriksen (HiS&F) og Alvar Braathen (NGU)

«Preliminary Studies of Groundwater Flow in the Hellerud Region using A three-dimensional Computer Modell».
Laura Landauer (NVE)

«Tidsavhengige variasjoner i grunnvannskvalitet i berg».
Rannveig Nilsen (UiB) og Anne-Lise Haraldseth (UiB)

«Hydromekanikal infrastructures of a major fault zone in Island».
Elin Skurtveit (UiB) og August Gudmundsson (UiB)

Plakatpresentasjonene og deres forfattere vil være tilgjengelige under hele seminaret, men offisiell presentasjon vil foregå onsdag 10. februar kl. 15:50 - 16:20.

DELTAKERE

Navn	Institusjon/firma	Adresse	Postnr./-sted	Tlf.	Fax	E-post
Amaral, Helena	Geologisk inst., Univ. Bergen	Allégt. 41	5007 Bergen	55276718	55589416	hiamaral@hotmail.com
Banks, David	Holymoor Consultancy					
Berg, Silje S.	Univ. i Bergen	NGU, Postboks 3006	7002 Trondheim	73904229	73921620	silje.berg@ngu.no
Berntsen, Einar	Mat.nat.fakultetet, UiO	Postboks 1032, Blindern	0315 Oslo	22858187	22856339	einar.berntsen@natnat.uio.no
Braathen, Alvar	NGU	Postboks 3006 Lade	7002 Trondheim	73904011	73921620	alvar.braathen@ngu.no
Colleuille, Hervé	NVE, Hydrologisk avd.	Postboks 5091 Majorstua	0301 Oslo	22959439	22959216	hec@nve.no
Cramer, Jan	NGU	Postboks 3006 Lade	7002 Trondheim	73904011	73921620	jan.cramer@ngu.no
Cramer, Torill	NGU	Postboks 5348 Majorstua	0304 Oslo	22959800	22959801	torill.cramer@ngu.no
Dagestad, Atle	NGU	Postboks 3006 Lade	7002 Trondheim	73904011	73921620	atle.dagestad@ngu.no
Ellingsen, Knut	NGU	Postboks 5348 Majorstua	0304 Oslo	22959800	22959801	knut.ellingsen@ngu.no
Eriksen, Dag Øistein	Institutt for energiteknikk	Postboks 40	2007 Kjeller	63806312	63815553	dag.eriksen@ife.no
Finne, Tor Erik	NGU	Postboks 3006 Lade	7002 Trondheim	73904011	73921620	tor.finne@ngu.no
Follestad, Bjørn A.	NGU	Postboks 3006 Lade	7002 Trondheim	73904011	73921620	bjorn.follestad@NGU.no
Folstad, Ole Ivar	Reinertsen Engineering ANS	Erling Skakkesgt. 25	7013 Trondheim			ole.ivar.folstad@reinertsen.no
Frengstad, Bjørn	NTNU, Geologi og bergteknikk		7034 Trondheim	73596833		bjorn.frengstad@ngu.no
Gaut, Amund	Jordforsk		1432 ÅS	64948137	64948110	amund.gaut@jordforsk.nlh.no
Gaut, Sylvi	NGU	Postboks 3006 Lade	7002 Trondheim	73904011	73921620	sylvi.gaut@ngu.no
Gudmundsson, Agust	Geologisk inst., Univ. Bergen	Allégt. 41	5007 Bergen	55583521	55589416	agust.gudmundsson@geol.uib.no
Hansen, Hans Jørund	SFT	Postboks 8100 Dep.	0032 Oslo	22573568	22676706	hans-jorund.hansen@sft.telemax.no
Haraldseth, Anne-Lise	Univ. i Bergen, Geologisk inst.	Allégt. 41	5007 Bergen		55589416	anne-lise.haraldseth@student.nib.no
Havnen, Ingrid	Noteby AS	Postboks 1139 Sverresborg	7002 Trondheim	72566923	72566920	ih@noteby.no
Hedalen, Tom	Statens vegvesen, Vegdir.	Postboks 6064 Dep.	0033 Oslo	22073488	22073311	tom.hedalen@vegdir.vegvesen.no
Henriksen, Helge	Høgskulen i Sogn og Fjordane Avdeling for naturfag	Postboks 133	5801 Sogndal	57676231	57676201	helge.henriksen@anf.hist.no
Høstmælingen, Torgrim	Lillehammer Brønnboring AS	Veltlien Roterud	2600 Lillehammer	94142325	61255379	
Jæger, Øystein	NGU	Postboks 3006 Lade	7002 Trondheim	73904011	73921620	oystein.jager@ngu.no
Killingtveit, Ånund	Institutt for vassbygging	NTNU	7034 Trondheim	73594747	73591298	aanund.killingtveit@bygg.ntnu.no

Navn	Institusjon/firma	Adresse	Postnr./-sted	Tlf.	Fax	E-post
Kirkhusmo, Lars A.	NGU	Postboks 5348 Majorstua	0304 Oslo	22959800	22959801	lars.kirkhusmo@ngu.no
Knudsen, Johan B.S.	UiO, Institutt for geologi	Postboks 1047 Blindern	0316 Oslo	22856306	22854215	johanbk@geologi.uio.no
Krog, Reidar	NGU	Postboks 3006 Lade	7002 Trondheim	73904011	73921620	reidar.krog@ngu.no
Landauer, Laura	NVE, Hydrologisk avd.	Postboks 5091 Majorstua	0301 Oslo	22959218	22959216	ljl@nve.no
Langedal, Marianne	Trondheim kommune	Holtermannsv. 1	7005 Trondheim			mariane.langedal@trondheim.kommune.no
Larsen, Tor Egil	ICG - Geofuturum	Postboks 22	5049 Sandsli	55984842	55229412	tol@interconsult.com
Lyslo, Kellfrid B.	Geologisk inst., Univ. Bergen	Allégt. 41	5007 Bergen			kellfrid.lyslo@student.uib.no
Middtømme, Kirsti	NGU	Postboks 3006 Lade	7002 Trondheim	73904011	73921620	kirsti.middtomme@ngu.no
Misund, Arve	NGU	Postboks 3006 Lade	7002 Trondheim	73904011	73921620	arve.misund
Morland, Geir	NGU	Postboks 5348 Majorstua	0304 Oslo	22959800	22959801	geir.morland@NGU.no
Moseid, Torleiv	Høgskolen i Agder	Grooseveien 36	4890 Grimstad	37253290	37253001	torleiv.moseid@hia.no
Nilsen, Rannveig	Univ. i Bergen, Geologisk inst.	Allégt. 41	5007 Bergen		55589416	
Nyen, Kjell	Nordenfjeldske brønn- og spesialboringer AS	Postboks 159	7601 Levanger	90575155	62954637	
Pedersen, Tor Simon	NVE, Hydrologisk avd.	Postboks 5091 Majorstua	0301 Oslo	22959205	22959216	hec@nve.no
Plischewski, Horst	Verktøy & Maskin A/S	Gullhagen Industriområde	3570 Ål	32081696	32082230	
Rohr-Torp, Erik	NGU	Postboks 5348 Majorstua	0304 Oslo	22959800	22959801	erik.rohr-torp@ngu.no
Rudolph-Lund, Kim	NGI	Postboks 3930 Ullevål	0806 Oslo	22023087	22230448	krl@ngi.no
Rye, Noralf	Geologisk inst., UiB	Allégt. 41	5007 Bergen	55583498	55589416	noralf.nye@geol.uib.no
Skarphagen, Helge	NGU	Postboks 5348 Majorstua	0301 Oslo	22959800	22959801	helge.skarphagen@ngu.no
Skinner, Andrew	Generalsekr. IAH					
Skrede, Aase Midtgård	NGU	Postboks 5348 Majorstua	0301 Oslo	22959800	22959801	aase.midtgard@ngu.no
Skurtveit, Elin	UiB	Nansensvei 21	5032 Minde	55295309		elin.skurtveit@student.uib.no
Snilsberg, Petter	Jordforsk		1432 Ås	64948181	64948110	petter.snilsberg@jordforsk.nlh.no
Stefanussen, Werner	O.T. Blindheim AS	Kjøpmannsgt. 61	7011 Trondheim	73873700	73873702	
Steinnes, Eiliv	NTNU, Inst. for kjemi		7034 Trondheim	73596237	73596940	eiliv.steinnes@chembio.ntnu.no
Storrø, Gaute	NGU	Postboks 3006 Lade	7002 Trondheim	73904011	73921620	gaute.storro@ngu.no
Svendsen, Tormod	Lillehammer Brønnboring AS	Veltlien Roterud	2600 Lillehammer	94142325	61255379	
Sæther, Ola Magne	NGU	Postboks 3006 Lade	7002 Trondheim	73904011	73921620	ola.sather@ngu.no
Sørli, Jan Erik	NGI	Postboks 3930 Ullevål	0806 Oslo		22230448	
Tuttle, Kevin	Norconsult AS	Torvstakken 41	6500 Kristiansund N	71583810	71565220	tuttle@online.no

Navn	Institusjon/firma	Adresse	Postnr./-sted	Tlf.	Fax	E-post
Tvedten, Sissel	Asplan Vikak	Storgt. 8	3600 Kongsberg	32772000	32734270	sissel.tvedten@asplanviak.no
Tøfte, Lena S.	SINTEF - Hydrologi og vassdrag	Klæbuvn. 153	7034 Trondheim	73592408	73590201	lena.s.tofte@civil.sintef.no
Valen, Vidar	InterConsult Group (ICG)	Postboks 22	5049 Sandsli	55984840	55229412	viv@interconsult.com
Westby, Tone	Statsbygg	Postboks 8106 Dep.	0032 Oslo	22242970	22242346	tone.westby@statsbygg.no
Ytterås, Erling	Noteby AS	Postboks 1139 Sverresborg	7002 Trondheim	72566900	72566920	eky@noteby.no
Årbogen, Olav	Noteby AS	Postboks 1139 Sverresborg	7002 Trondheim	72566900	72566920	oa@noteby.no

Bruk og misbruk av Darcy's Lov

David Banks

Holymoor Consultancy in Hydrogeology and Environmental Geochemistry
86 Holymoor Road, Holymoorside, Chesterfield, Derbyshire, S42 7DX Storbritannia.

Monsieur Henri Philibert Gaspard Darcy (1803-1858) var en fransk vanningeniør som i løpet av arbeidslivet sitt jobbet med vannforsyningssystemer i byene Dijon, Paris og Brussel. Han utviklet et hydraulisk laboratorium sammen med sin assistent, Henri Emile Bazin (1829-1917). Forskerparet utviklet flere ligninger for vannføring i kanaler og rør. Darcy er kanskje best kjent for sine forsøk med vannstrømning gjennom porøse sedimenter. Disse ble utført i forbindelse med sandfiltreringsanlegg for behandling av Dijons drikkevann.

Gjennom empiriske forsøk fant Darcy at vannstrømningen (Q) gjennom en meget homogen filtersand var i proporsjonal med gradienten (i). Darcy var ikke geolog og han trodde ikke på teorien om nydannelse av grunnvann fra nedbør. Darcys empiriske lov ble bekreftet gjennom Jules Emile Juvenal Dupuit (1804-1866) sine teoretiske studier. Dupuit utviklet en ligning som beskrev grunnvannsstrømning mot en brønn basert på flere viktige antakelser (f.eks. flattliggende grunnvannsspeil). Dupuits "brønn-ligning" ble senere empirisk bekreftet av Adolph Thiem. Når vi bruker Darcys Lov, Dupuits eller Thiems ligninger og andre analysemetoder, må vi ta hensyn til antakelsene som ligger bak dem.

Selv om Darcy brukte en homogen sand for å utvikle sin teori, fungerer også Darcys Lov bra for uhomogene og oppsprukkede grunnvannsmagasin, når det gjelder simulering av "bulk"-grunnvannsstrømning og "head"-fordelinger. **Men**; når det gjelder simulering av oppholdstid, klausuleringssoner osv., hvor grunnvannets hastighet er den viktige parameteren, må vi være meget forsiktige. Sluttresultatet er meget følsomt når det gjelder våre antakelser om effektiv porøsitet og om den hydrauliske konduktivitets variasjoner innenfor magasinet. Vi bør helst ikke benytte gjennomsnittlige ledningsevner til slike formål. Uforsiktig anvendelse av Darcys Lov for vurdering av forurensningstransport i inhomogene (og anisotrope) grunnvannsmagsiner kan føre til ubehagelige overraskelser. Dette omfatter også numeriske modeller, som også er basert på Darcys Lov.

Strømningssimuleringer, georadarundersøkelser og sporstoff-forsøk som beslutningsverktøy – eksempler fra Ål i Hallingdal

Hervé Colleuille¹, Nils-Otto Kitterød² og Halfdan Benjaminsen¹

¹ Norges vassdrags- og energidirektorat, Hydrologisk avdeling, Pb. 5091 Maj., 0301 OSLO

² Norges vassdrags- og energidirektorat. Inst. for geologi/geofysikk. Pb.1022 Blindern, 0315 OSLO

Ved Hallingdalselvi i Ål kommune er det etablert en 19 meter dyp pumpebrønn i elveavsetninger bestående av grusig sand. Denne forsyner Sundre vassverk som har ca. 2000 abonnenter. I forbindelse med grunnvannsforurensning oppstod en mage-tarmepidemi. I begynnelsen av januar 1998 ble Hydrologisk avdeling (NVE) forespurt om å gjennomføre et sporstoff-forsøk for å finne forurensningskilden. I samråd med Ål kommune ble det bestemt å benytte en enkel numerisk modell som hjelpemiddel for å få et bedre bilde av strømningsforholdene i de aktuelle løsmassene på Ål, og for å designe sporstofforsøket. Det ble også gjennomført kartlegging av løsmassene med georadar for å visualisere heterogenitetene i avsetningen. På grunnlag av disse undersøkelsene og mistenkte forurensningskilder ble 5 injeksjonspunkt valgt. Det ble både anvendt NaCl og et nytt syntetisk, organisk sporstoff (DNA-tracer).

Sporstoff-forsøkene viser at det finnes vannførende lag som fungerer som foretrukne strømningsveier, og som fører vann til pumpebrønnen meget raskt (10-100 m/t).

Overensstemmelsen mellom resultatene fra sporstoff-forsøkene, 2D-simuleringene og opplysninger fra georadarundersøkelser og bakteriologiske analyser gjør det mulig å fastslå med stor sikkerhet at årsaken til forurensning i grunnvann på elvesletta i Ål kommune er lekkasjer fra hovedkloakkledningen som ligger 300 m fra pumpebrønnen langs riksvei 7. På grunnlag av disse resultater ble det anbefalt at beskyttelsessoner ved vannverket på Ål revideres og at tiltak for å sikre grunnvannsforekomsten på elvesletta blir vurdert.

***Hydrogeochemistry and hydrogeology of the Cigar Lake uranium deposit,
Canada: A unique redox system***

Jan Cramer

Norges geologiske undersøkelse, Postboks 3006 Lade, 7002 Trondheim

ABSTRACT

As one of the largest uranium deposits in the world, the 1.3-Ga-old Cigar Lake deposit in northern Saskatchewan is found today at a depth of 450 m below surface surrounded by a huge sandstone aquifer. The ore deposit occurs inside a clay-rich lens which has played a crucial role in the preservation of the redox-sensitive uraninite and sulphide mineralogy. Detailed geochemical studies of this system have shown that, in addition to the hydraulic parameters, the redox conditions of water-rock interaction are controlled by several processes and their kinetics. The most important of these include reactions involving Fe and S, as well as microbial reactions. In addition, the clay matrix, in which the redox minerals are embedded, has played an important role in the long-term functioning of the redox control during the 10^9 years of geological history that included an uplift of ca. 3.5 km.

60 døgns oppholdstid - A priori ?

Arve Misund

Norges geologiske undersøkelse, Postboks 3006 Lade, 7002 Trondheim

Ved bestemmelse av klausuleringssoner for vannverk er grensen for 60 døgns oppholdstid en av de viktigste grensene å definere. Dette gjøres ofte utfra 'god praksis', dvs. enkle pumpeforsøk med beregning av T og S-verdier. Beregningsmetodene kan ha store usikkerheter i heterogene, små akviferer. De fleste norske grunnvannsanlegg er plassert i 'små' avsetninger der kapasiteten er basert på infiltrasjon fra elver/innsjøer, med brønnplassering i nærheten av overflatevannskilden. Plassering nært elvebredden er ofte bestemt utfra ønske om minst mulig arealkonflikt, f.eks. i forhold til jordbruk og bebyggelse. 60 døgns oppholdstid blir derfor i stor grad gjeldende for området oppstrøms elva, mens oppholdstiden mht. infiltrasjon av elvevann blir 'neglisjert'. Kvaliteten på overflatevannet blir derfor gitt mindre oppmerksomhet ved at en her ikke opererer med 60 døgn oppholdstid. Dette skyldes i stor grad at det ikke har vært tradisjon for å benytte vannets kjemiske fingeravtrykk til beregning av transporttid mellom elv og brønn. I Misvær i Nordland er oksygenisotoper, ledningsevne, klorid, temperatur osv. brukt til å bestemme oppholdstiden fra elv til brønn. Ved ukentlige vannprøver fra brønn/elv kan en særlig i forbindelse med vårflommen se trender i dataene for oksygenisotoper, temperatur og klorid og ledningsevne som gjør det mulig å bestemme omtrentlig oppholdstid mellom elv og brønn, som for Misvær er beregnet til 42 - 49 dager over en avstand på ca. 50 m.

Numeriske simuleringer av vannlekkasjer og vanninfiltrasjon i Romeriksporten

Hervé Colleuille¹, Nils-Otto Kitterød², og Tor Simon Pedersen¹

¹ Norges vassdrags- og energidirektorat, Hydrologisk avd., Pb. 5091 Maj., 0301 OSLO

² Universitetet i Oslo, Inst. for geologi/geofysikk. Pb.1022 Blindern, 0315 OSLO.

Bakgrunnen for dette arbeidet har vært endringer i de hydrologiske forholdene i Østmarka ved Oslo som følge av tunellarbeidene i Romeriksporten. Prosjektet har bestått av to deler. I første fase var hensikten å ta i bruk ny teknologi, spesielt utviklet med tanke på reservoarsimulering i forbindelse med olje- og gassutvinning, for å reprodusere hovedtrekkene i strømningsbildet før og etter at tunnelen ble bygd. Hovedtrekkene i strømningsbildet er i denne sammenhengen observerte trykkforhold i grunnvannet i løsmasser og fjell, stasjonær vannbalanse (infiltrasjon, overflateavrenning og innlekkasje i tunnelen) samt observert oppholdstid fra overflaten og inn i tunnelen. (Med en strømningsmodell er det mulig å teste kvalitative hydrologiske hypoteser.) Ved inversberegninger kan gjennomsnittlig hydraulisk ledningsevne i sprekkesoner beregnes. Hypotesen i denne del av arbeidet var at de regionale trekkene i strømningsbildet kunne simuleres ved å betrakte de kartlagte forkastningene som homogene høypermeable soner. (Kitterød et al., 1998).

Resultatene fra storskala simuleringen danner utgangspunktet for neste fase hvor målsetningen var å simulere sannsynlige strømningsforhold (med foretrukne strømningsveier/kanaler) innenfor de enkelte sprekkesonene. Den praktiske motivasjonen har vært å utvikle et simuleringsverktøy for å evaluere tekniske tiltak som er foreslått (som for eks. vanninfiltrasjon) for å gjenopprette naturlig avrenning i feltet. I denne delen av arbeidet øker vi den romlige oppløsningen i sprekkesonen fra 6×10 til 49×49 antall elementer. (Samtidig antar vi at den statistiske fordelingen av permeabiliteten tilsvarer en lognormal fordeling.) Forventingen til permeabiliteten som vi nå betrakter som et stokastisk variabel, tilsvarer den kalibrerte verdien fra den storskala deterministiske simuleringen (den gjennomsnittlige permeabiliteten i sprekkesonene). Ulike realisasjoner av permeabiliteten genereres ved hjelp av kjente stokastiske simuleringsmetoder (Kitterød and Gottschalk, 1997). Korrelasjonslengden holdes konstant for samtlige realisasjoner, men variansen endres systematisk for hver realisasjon. Foreløpige resultater viser at de lokale strømningsforholdene avhenger av den romlige variansen i permeabiliteten og at forekomsten av foretrukne strømningsveier sterkt påvirker effekten av vanninfiltrasjonen fra tunnelen. Fare for kortslutning fra infiltrasjonspunkter og utslag av infiltrert vann mot overflaten øker med høyere varians når infiltrasjonspunktene treffer vannførende sprekker.

Test av modelleringsprogrammet Modflow/Modpath for oppholdstidsberegninger

Gaute Storrø

Norges geologiske undersøkelse, Postboks 3006 Lade, 7002 Trondheim

Sammendrag:

Ved etablering av større, offentlige vannverk basert på grunnvann dukker spørsmålet om bestemmelse av sikringssoner alltid opp. Dette forholdet har, i alle fall fra NGU's side, stort sett blitt behandlet meget skjønnsmessig, ofte ved bruk av den såkalte «sylindermetoden» for bestemmelse av sonen med 60-døgns-oppholdstid (sone I).

Modflow/Modpath-er benyttet for å simulere enkle magasinmodeller med et homogent og isotropt porøst medium med stasjonær strømmingstilstand. Oppholdstidene som fremkommer fra modelleringen er sammenlignet med oppholdstider beregnet ved «sylindermetoden».

Modflow/Modpath gir tilnærmet de samme resultater for oppholdstid som «sylindermetoden» så lenge det tas utgangspunkt i en naturtilstand med et absolutt flatt grunnvannsspeil. En slik naturtilstand ville innebære at det ikke foregår noen grunnvannsstrømning ($i = 0$ i Darcy-ligningen), hvilket vi definitivt vet at ikke er riktig. Så snart det introduseres en naturtilstand med grunnvannsgradienter gir Modflow/Modpath helt andre resultater for oppholdstid enn hva som fremkommer med «sylindermetoden».

Med bakgrunn i den testen som her er gjennomført kan det på ingen måte felles en endelig dom over Modflow/Modpath's anvendbarhet for beregning av reelle oppholdstider. Forfatteren vil likevel, som en foreløpig konklusjon, anføre at Modflow/Modpath (eller tilsvarende programpakker) med stor sannsynlighet vil være et sentralt verktøy i tilknytning til beregning av reelle oppholdstider.

Oppgaveplikt ved brønnboring og grunnvannsundersøkelser

Geir Morland

Norges geologiske undersøkelse, Oslokontoret, Postboks 5348 Majorstua, 0304 Oslo

Innledning

Grunnvann har vært en del av NGUs ansvarsområde i en mannsalder og siden 1951 har NGU samlet inn opplysninger til en brønnboringsdatabase. Ved utgangen av 1972 var det registrert i alt 9323 borebrønner i det den gang manuelle brønnboringsarkivet. Brønnboringsarkivet har eksistert på ulike tekniske plattformer helt siden hullkortets dager. Siden 1992 har NGU arbeidet for å videreutvikle brønnboringsdatabasen for å tilfredsstille de behov ulike brukere har. I arbeidet med utviklingen av databasesystemet er det lagt vekt på å gjøre oppbygningen så generell som mulig slik at endringer og videre utvikling i konstruktivt samarbeid med brønnborere, hydrogeologiske konsulenter og andre som arbeider innenfor hydrogeologi kan skje så enkelt som mulig.

Forskrift om oppgaveplikt

Etablering av oppgaveplikt for boring etter vann ble aktualisert av en utredning av førstelektor Bjørn Stordrange ved UiO i 1988 med tittel «Nye rettsregler om grunnvannet?». Utredningen var initiert av det daværende Vannressursutvalget. Dette resulterte til slutt i at vassdragsloven ble en paragraf rikere i og med at § 11 a om oppgaveplikt for boring etter vann ble føyd til. I denne paragrafen er det nedfelt at den som utfører boring etter vann skal sende melding til Norges geologiske undersøkelse om hvor det er foretatt boring og om hvordan boringen er utført.

Forskrift om oppgaveplikt ved brønnboring og grunnvannsundersøkelser av 1. januar 1997 beskriver nærmere hvilke opplysninger som skal rapporteres til NGU. Forskriften finnes på Stiftelsen Lovdatas internett-sider med følgende adresse: <http://www.lovdatabasen.no/for/sf/oe/oe-19961119-1066.html>. For å sikre en enhetlig og standardisert innrapportering av opplysninger fra brønnborere og andre som kommer inn under oppgaveplikten, har NGU i samarbeid med brønnborene utarbeidet et skjema til bruk i oppgaveplikten. Skjemaet kan virke komplisert, men ut fra de tilbakemeldingene vi har fått fra brønnborere som bruker skjemaet, ser det ut til å fungere veldig greit i praksis. Skjemaet er laget slik at de enkelt kan forandres i takt med generelle endringer i f.eks. terminologi og ønske om endringer basert på erfaringer fra praktisk bruk.

Hydrogeologisk database

Hydrogeologisk database ved NGU ble etablert 1997, der det tidligere brønnboringsregisteret ble en viktig del. I dag har vi drøyt 22000 fjellbrønner, rundt 280 løsmassebrønner og 1200 sonderboringer/undersøkelses- og observasjonsbrønner registrert i databasen. Data som inngår i registeret er vannføring, administrative opplysninger, stedfesting, boringsforløp med dyp, vannkvalitet og tekniske forhold. 3000-4000 grunnvannsbrønner i fjell i tillegg til brønner i løsmasser samt sonderboringer/undersøkelses- og observasjonsbrønner ventes å bli registrert årlig. Hydrogeologisk database er tilgjengelig over Internett på adressen <http://hydro.ngu.no/>.

Innrapportering over Internett

Innrapporteringen fra borefirmaene skjer i økende grad over Internett. I dag er 10 brønnboringsfirma registrert for direkte tilgang til hydrogeologisk database over Internett. Vi ønsker at flest mulig brønnboringsfirma vil ta i bruk innrapportering over Internett. Ved en slik løsning har hvert firma sin «sektor» av databasen som de er ansvarlig for. De bruker denne sektoren som sin firmadatabase og har mulighet til å legge inn opplysninger om sine egne brønner, oppdatere egne brønner i de tilfeller man får nye opplysninger om en boring som allerede er registrert og de har mulighet for ulike utskrifter. I tillegg ligger det også inne en mulighet for å kunne koordinatsette en brønn basert på gårds- og bruksnummeret til den eiendommen brønnen er lokalisert innenfor. En slik mulighet for å finne korrekte koordinater gjør at man i de tilfeller hvor GPS-instrumentene, som NGU har lånt ut til brønnborene, ikke fungerer, kan man uten problemer identifisere brønnens beliggenhet.

Fremtidig utvikling

I tillegg til å tilrettelegge hydrogeologisk database for brønnborene, ser vi en stor utfordring i å gjøre ulike typer informasjon basert på opplysninger i databasen spesielt tilgjengelig. Dette gjelder f.eks. sammenstillinger om forventet vanngiverevne i ulike bergarter, hvilken vannkvalitet som kan forventes i ulike områder, om det er lokalisert brønner i nærheten av nye brønnlokaliseringer osv. Det er en stor utfordring å arbeide videre med den informasjonen som eksisterer i den hydrogeologiske databasen for å tilrettelegge ny kunnskap på en slik måte at f.eks. brønnborene og deres kunder kan få et så godt og rimelig produkt som mulig samtidig som kunnskapen, spesielt om grunnvann i fjell, øker både i forskningsmiljøene og hos brønnborene.

NGUs hydrogeologiske engasjement i Sør-Afrika

Knut Ellingsen, Geir Morland, Fridtjov Ruden og Rognvald Boyd

Innføringen av flertallsstyre i Sør-Afrika (SA) og opphevelsen av apartheid som system har medført muligheten for en bedring av de svartes materielle vilkår. På landsbygda er fortsatt vannforsyningen ofte av svært dårlig kvalitet, og det å legge til rette for en god og hygienisk vannforsyning anses som et viktig element i oppbyggingen av samfunnet etter mange år med forfordeling og undertrykking. Det er store mangler hos brukerne selv og i det forvaltningsmessige apparatet som har ansvaret for vannforsyningen når det gjelder innsikt i og forståelse for vannhygieniske problemstillinger. Det eksisterer heller ikke noe overvåkingssystem for bruk av grunnvann. Karakteristisk for den tekniske siden av utvikling av vannforsyningen til nå er at etableringer ikke er blitt driftet skikkelig, og data som er innhentet er ikke blitt registrert systematisk og tolket slik at de kan komme til nytte ved nye anlegg. En grad av økonomisk utjevning i landet vil ta lang tid selv om den for alvor skulle bli satt på dagsordenen. Derfor trenger SA på kort sikt internasjonal hjelp ved oppbygging av sin vannforsyning.

Grunnvann anses å kunne spille en avgjørende rolle for å lykkes med å få til en god vannforsyning i SA. Med bakgrunn i SA-regjeringens «Water Supply and Sanitation Policy White Paper» (1994) lanseres nå et eget program med fokus nettopp på grunnvann. Programmet støttes økonomisk av NORAD og utføres av Council for Geoscience (SAs geologiske undersøkelse) i samarbeid med NGU, for SAs Department of Water Affairs and Forestry (DWAFF). En lang rekke andre institusjoner i SA vil også delta. Programmet vil benytte kunnskap både fra SA og fra andre sørafrikanske land, og resultatene fra programmet antas å ville kunne bli til nytte for hele regionen. De innledende forberedelser er gjort av Fridtjov Ruden som er initiativtaker til programmet og av krefter fra NGU i de senere faser av forberedelsene.

Programmet har en foreløpig tittel: "*Bærekraftig utvikling av grunnvannskilder som del av det fellesskapelige program for vann og sanitærforhold i Sør-Afrika*", og er foreløpig delt i 8 prosjekter:

- 1) Praktisk analyse av vannforsyningen på landsbygda.
- 2) Utvikling av støttesystemer for vannverksoperatører på landsbygda.
- 3) Effektiv handtering av grunnvannsdata.
- 4) Øket offentlig bevissthet om vannforsyning og sanitærforhold.
- 5) Alternative løsninger for å optimalisere utnyttelsen av vannressurser på landsbygda.
- 6) Nettverk for grunnvannsovervåking.
- 7) Beskyttelse av grunnvannskilder.
- 8) Virkeliggjøring av bærekraftig utvikling av grunnvannskilder i provinsene under det fellesskapelige program for vann og sanitærforhold.

Størrelsen på prosjektene er ulik både i tid og innsats. Oppstart blir første halvår 1999, med total varighet 7 år.

Kort orientering om Hydra-Delprosjekt N5; Naturlige magasineringsområder

Bjørn A. Follestad

Norges geologiske undersøkelse, Postboks 3006 Lade, 7002 Trondheim

En av oppgavene i HYDRA-programmet er å beregne effekten av endringer i naturlige magasineringsområder på avrenning og flomrisiko. Sammen med andre input data fra f.eks. N1, N2, etc., skal data fra N5 Naturlige magasineringsområder gi data som på sikt, kan inngå i en hydrologisk modell.

Som grunnlag for modellberegningene skal det etableres en database i form av et punktdatasett med punktavstand 100x100m og med bla. opplysninger om høyde over havet, hellingsgrad, markslag (snaumark, vann, breer, skog, myr og tettsteder), løsmasser (morene dyp, morene grunn, elv/breelvavsetning, myr), treslag, skogbonitet og skogtilstand.

Opplysninger om grunnvanststanden i løsmassene ble vurderes i forhold til variasjonstrender i grunnvannsmålinger foretatt av det Landsomfattende grunnvannsnettet (LGN). Disse trendene er tentativt kvantifiseres på kortere og lengere sikt med hensyn til mulige variasjoner i grunnvansstand.

Miljømessige aspekter ved flom med tanke på forurensning av drikkevannsanlegg nær elvestrengen vurderes og løsninger for en beredskapsvarsling og sikringstjeneste er skissert.

Bruddsystemer og grunnvann langs lineamenter

Alvar Braathen*, Silje Berg', Sylvi Gaut*, Roy Gabrielsen', Helge Henriksen'', Øystein Jæger* og Gaute Storrø*

* NGU; ' UiB; '' HSF

Bruddsoner i berggrunnen (lineamenter) kan deles in i tre hovedtyper; (i) fallende - og (ii) subvertikale forkastningssoner og (iii) subvertikale sprekkesoner. Disse strukturene har en distinkt intern oppbygning med karakteristiske *deler* (bruddfrekvens og bruddorientering) og *soner* (bruddsett og bruddsystemer). De subvertikale hovedstrukturene har gjerne en symmetrisk fordeling av delene/sonene, mens fallende forkastninger har et asymmetrisk mønster, med mest deformasjon i hengblokken.

Modellen for systematisk fordelingen av brudd normalt på lineamenter har implikasjoner for det hydrogeologiske potensialet i berggrunnen.

Den sentrale delen (sone A-B) består av et høyfrekvens nettverk av korte brudd og forkastningsbergater (breksje), hvor sekundære mineraler er vanlige. Konsoliderte breksjer og sprekkemineraler vil delvis fylle igjen eller forsegle sprekker, og dermed redusere permeabiliteten. Denne delen av en bruddsone har derfor et redusert grunnvannspotensiale.

Den marginale delen (sone C-D) har moderat til høy frekvens av lineament-subparallele brudd som sjelden har sekundær mineralinnfylling. Karakteristiske lange brudd og et forholdsvis tett bruddnettverk underbygger et relativt høyt grunnvannspotensiale.

Den distale delen (sone E), som gradere utover mot sonen med generell bakgrunnsoppsprekning (ikke lineamentspåvirket område), består av forholdsvis lave frekvenser av lineaments-subparallell og lineaments-oblike brudd. Sekundære sprekkemineraler opptrer sjeldent. Den lave bruddfrekvensen peker mot et moderat grunnvannspotensiale.

I områder med lav bruddfrekvens vil bergspenningene kunne påvirke sprekker. Med et slikt utgangspunkt vil brudd parallelt med største bergspenning være mer åpne enn brudd som er orientert normalt på denne spenningsaksen.

To hydrogeologiske modeller, med basis i modellen for lineaments-arkitektur og resultater fra bergspenningsmålinger, er testet i Sunnfjord:

1. I områder med lav bruddfrekvens påvirker bergspenningene sprekk-permeabiliteten, og dermed potensialet for grunnvannstransport.
2. Den marginale delen av lineamenter har høyere grunnvannspotensiale enn omliggende deler, og har generelt sett et høyt grunnvannspotensiale.

Modell 1 har blitt testet i Holmedal brønnfelt. Feltet består av 9 bønner, hvor de fleste har en ytelse på under 100 l/t. Korttids - og langtids prøvepumping og tracer tester gir et komplekst bilde av strømningsmønsteret i brønnfeltet, som delvis kan forklares ved strømming langs enkelte brudd eller bruddsoner. Den naturlige grunnvannsstanden faller generelt i en sydlig retning, som antyder en raskere utjevning i øst-vest enn nord-syd retning. Øst-vest retningen er sammenfallende med foliasjonen i berggrunnen, foliasjons-parallele brudd og retningen for største bergspenning i området. Mulige forklaringer på det sydlige fallet er; (i) en lekkasje ut av brønnfeltet mot syd, eller mer sannsynlig ut fra strømnings-mønsteret i brønnfeltet, (ii) høyere konduktivitet langs brudd i øst-vest retningen, subparallelt med største bergspenning.

Modell 2 er testet ved 5 skråboringer gjennom fire ca. 10 km lange nordsør lineamenter. Brønnene gir i snitt betraktelig mer vann enn brønnene i brønnfeltet. Borhullene er ansatt i distaldelen og gjennomborer marginal- og sentraldelen. Fordelingen av vanninnslag i brønnene, som er klart høyere nær lineamentet, støtter modellen om at marginalsonen har det beste grunnvannspotensiale langs lineamenter.

Statistiske undersøkelser av grunnvannspotensialet langs lineamenter. Foreløpige resultater fra Sunnfjord

Helge Henriksen

Høgskulen i Sogn og Fjordane, Avdeling for Naturfag, Postboks 133, 5801 Sogndal

Med utgangspunkt i NGU sin hydrogeologiske database for borebrønner i fjell er det etablert en brønndatabase som inneholder opplysninger om 373 fjellborebrønner. Databasen inneholder 9 borebrønner fra NGU sitt brønnefeltet i Holmedal og 5 prøvebrønner ansatt langs utvalgte lineamenter i forbindelse med prosjektet "Bruddsoner og grunnvann i Sunnfjord". Kapasitetsverdiene varierer fra 0 til 166 l/t pr. meter boredyp og viser en typisk skjev fordeling med ca. 75 % av verdiene mindre enn 20 l/t pr. meter. Sammen med den upresise karakteren til kapasitetsdataene gjør dette det naturlig å bruke ikke-parametriske observatorer (median, kvartiler) og metoder i den statistiske behandlingen av datasettet.

Detaljstudier utført i forbindelse med prosjektarbeidet viser en systematisk fordeling av sprekker og bruddstrukturer omkring lineamenter. Dette har gitt grunnlag for en hydrogeologisk modell der den marginale sonen til et lineament har det største grunnvannspotensialet. Ved hjelp av en buffer-funksjon i gis-programmet ArcView er det mulig å legge buffersoner om lineamentene i fritt valgte avstander. Dermed kan en lett kategorisere borebrønner i henhold til de ulike sonene som omgir lineamentene. I analysen ble det valgt bufferavstander på 2, 50 og 250 meter. Dette svarer til en sentral sone på 2 meter, en marginal sone med 48 meters bredde og en ytre (distal) sone med bredde 200 meter. Borebrønnene utenfor distalsonen klassifiseres som tilhørende bakgrunnen. Det ble etablert buffersoner omkring regionale, 1.ordens, 2.ordens og 3. ordens lineamenter; dvs. alle lineamenter av minst en kilometers lengde. Statistiske hypotesetester (Mann-Whitney og t-test på logtransformerte data) antyder kun signifikant forskjell mellom distalsonen og bakgrunnen, men med de høyeste kapasitetsverdiene i bakgrunnsjonen.

Eksempler fra undersøkelsen blir presentert, og presisjonsnivå og betydningen av resultatene blir diskutert.

Getting hydrogeological information from airborne geophysical measurements

Les P. Beard

Norges geologiske undersøkelse, Postboks 3006 Lade, 7002 Trondheim

Abstract

Aerial geophysical surveying permits the rapid collection of large amounts of geophysical data over areas of 100s or 1000s of square kilometers. Most helicopter borne geophysical systems simultaneously collect electromagnetic(EM), magnetic, radiometric, and very low frequency electromagnetic (VLF) data. Each of these data sets can be related to structures or parameters important in a hydrogeological investigation. Electromagnetic data is strongly influenced by the amount of moisture in the soil or rock. Porosities can be derived from EM measurements, and EM can also indicate water-filled fractures, and may be used to map fresh-water/salt-water interfaces. VLF measurements show the presence of long, moderately conductive bodies, and so this method can also be used to detect faults or fractures. Contacts along dikes may be important water conduits. Dikes are often more magnetic than surrounding rock, and may be mapped using magnetometry. Radiometric data collected from airborne systems is less directly related to hydrogeological parameters than electromagnetics, VLF, or magnetics, but may be effectively used for geological mapping, and to support indications of faults or fractures found in other data sets. Occasionally radiometrics may serve as the only geophysical indicator of a structure.

Examples of each of the uses described above can be found in data from an aerial survey conducted by NGU over Krokskogen in 1997. A helicopter geophysical survey of about 830 line-kilometers was flown over an area of 180 square km in southern Norway to aid in determining which route a proposed railroad should follow. Along any route selected, extensive tunnelling would be necessary. The aerial geophysical survey was intended to provide information on the presence of geological structures, such as faults and fractures, which could hinder tunnel construction, and to aid geologists in mapping the area. Groundwater flow is fracture controlled in much of Norway, and failure to locate water-bearing fractures has caused expensive delays in previous tunnel construction projects. The helicopter survey successfully located a number of lineations, some evidently related to faults and fractures, and some previously unmapped. Magnetic measurements proved to be the most useful geophysical tool for locating faults, fractures, and dikes in the area. Several known faults appeared clearly in the data, particularly on the western side of the survey area. Other lineaments also are presumed to be fractures, faults, or dikes. Although magnetometry provided more detail than any other individual data set, all the data sets proved valuable by

adding new information and by corroborating the findings from other data sets. From the geophysical data, it appears that the western half of the survey area is more intensely fractured than the eastern half, although a few large lineations, presumably fractures or faults, appear in both areas. Subsequent ground follow-up surveys confirmed the aerial geophysical measurements.

Kartlegging av sprekker i fjell med radartomografi. En fremtidig metode for studie av grunnvannsstrømning i fjell?

Eirik Mauring & Jan Steinar Rønning

Norges geologiske undersøkelse, Postboks 3006 Lade, 7002 Trondheim

Tomografiske målinger med georadar er benyttet ved kartlegging av variasjoner i hastighet og dempning mellom borhull ved Bleikvassli Gruber. Gruva er nedlagt, blant annet på grunn av oversvømmelse etter omfattende oppsprekking som følge av mulig neotektonisk aktivitet. Geologisk kartlegging og georadarmålinger på overflaten avdekket nær vertikale sprekkemønstre.

En teknikk som kalles 'Multiple Offset Gather' (MOG) ble anvendt ved innsamling av tomografiske data, der det ble benyttet en flyttavstand på 0,5 m i borhullene både for sender- og mottakerantennene. Det ble målt mellom to borhull, og avstanden mellom disse var ca. 21 m. Det ble målt til et dyp på 25 m. Etter utførelse av målingene ble data editert og sortert. Førsteankomsttid og periode av direktebølgen ble registrert for alle sender- og mottakerkonfigurasjoner. Disse registreringene ble seinere benyttet for å beregne hastighet, dempning og dispersjon i mediet mellom borhullene. Registrering av ankomsttider er en relativt tidkrevende prosess, og det er spesielt avgjørende å unngå å registrere bølger som ikke har gått direkte mellom sender og mottaker (som for eksempel refraksjoner og refleksjoner fra terrengoverflaten eller grunnvannsspeil).

Tomografisk inversjon ble utført med programmet MIGRATOM utviklet av U.S. Bureau of Mines. Programmet bruker en algoritme som kalles SIRT ('Simultaneous Iterative Reconstruction Technique') ved inverteringen. Kurvete og rette strålebaner benyttes ved beregning av henholdsvis hastighets- og dempningstomogrammer. Cellestørrelsen ble satt til 1 x 1 m med en dekning for hver celle i området 25-75. Både lagdelte og gjennomsnittlige startmodeller ble benyttet for å undersøke konsistensen i de tomografiske løsningene.

Tomogrammer av hastighet, dempning og dispersjon ble produsert på bakgrunn av registreringer av ankomsttider. Generelt er det en omvendt korrelasjon mellom hastighet og dempning, med høy dempning i soner med lav hastighet. Ved bruk av empiriske formler, ble det også produsert tomogram for porøsitet, ledningsevne, volumetrisk vanninnhold og totalt oppløste ioner. Tomogrammene avdekket et subhorisontalt sprekkemønster med fire større sprekker. I tillegg ble en komponent av foliasjonsretningen indikert. Vertikale sprekker kunne ikke sees på tomogrammene, trolig på grunn av drenering.

Do bottle type and acid washing influence trace element analyses by ICP-MS on water samples ?

Clemens Reimann¹, Ulrich Siewers², Helge Skarphagen³ and David Banks⁴

¹Norges geologiske undersøkelse, P.O.Box 3006, Lade, N-7002 Trondheim, Norway.

Phone: +47 73 904 321; Fax: +47 73 921 620; e-mail: Clemenes.Reimann@ngu.no

²Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Postfach 510152, D-30631 Hannover, Germany

³Geological Survey of Norway, Oslo office, P.O.Box 5348 Majorstua, N-0304 Oslo, Norway

⁴Holymoor Consultancy, 86 Holymoor Road, Holymoorside, Chesterfield, Derbyshire, S42 7DX, UK

ABSTRACT

Groundwater samples from 15 boreholes in crystalline bedrock aquifers in Norway have been collected in parallel in five different bottle types (high density polyethylene [HDPE], polypropene [PP, 2 manufacturers], fluorinated ethene propene copolymer [FEP] and perfluoroalkoxy polymer [PFA]). In the cases of polyethylene and polypropene, parallel samples have been collected in factory-new (unwashed) bottles and acid-washed factory-new bottles. Samples have been analysed by ICP-MS techniques for a wide range of inorganic elements down to the ppt (ng/l) range. It was found that acid washing of factory-new flasks had no clear systematic beneficial effect on analytical result. In contrary, for the PP-bottles concentrations of Pb and Sn were clearly elevated in the acid washed bottles. Likewise, for the vast majority of elements, bottle type was of no importance for analytical result. For six elements (Al, Cr, Hf, Hg, Pb and Sn) some systematic differences for one or more bottle types could be tentatively discerned, but in no case was the discrepancy of major cause for concern. The most pronounced effect was for Cr, with clearly elevated concentrations returned from the samples collected in HDPE bottles, regardless of acid washing or not. For the above six elements, FEP or PFA bottles seemed to be marginally preferable to PP and HDPE. In general, cheap HDPE, factory new, unwashed flasks are suitable for sampling waters for ICP-MS ultra-trace analysis of the elements tested.

Sporelementer i norske borebrønner i berg

Bjørn Frengstad¹, Aase Kjersti Midtgård², David Banks^{3,5} Jan Reidar Krog³ og Ulrich Siewers⁴

1 Institutt for geologi og bergteknikk, NTNU, 2 Norges geologiske undersøkelse, Oslo, 3 Norges geologiske undersøkelse, Trondheim, 4 Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, 5 Nåværende adresse: 86 Holymoore Road, Chesterfield

I 1996 og 1997 gjennomførte Statens strålevern og NGU et samarbeidsprosjekt med lokale næringsmiddeltilsyn der eiere av borebrønner i fjell fikk tilbud om analyse av drikkevannets kvalitet med hensyn til radon og en lang rekke kjemiske elementer. Dette har vært kjent som «2000 vannprøver-prosjektet» og resultatene m.h.t. radon og fluor er blitt presentert i flere sammenhenger bl.a av Aase Kjersti Midtgård under Det 7. seminar om hydrogeologi og miljøgeokjemi på NGU. Prosjektet har nå i ettertid fått betegnelsen SPAGBIFF (Systematisk Prøvetaking Av Grunnvanns-Brønner I Fast Fjell).

Fra det totale datasettet ble det valgt ut 476 prøver som skulle være mest mulig representative for de litologier som vanligvis brukes som akviferer i Norge. Disse prøvene ble analysert på ICP-MS (induktivt koplet plasma - massespektrometri) med typiske deteksjonsgrenser i området 0.001-0.005 ug/l (dvs 1-5 ppt) ved Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe.

Innholdet av sporstoffer i grunnvann fra borebrønner i fjell er sammenliknet med de krav som stilles til god drikkevannskvalitet i Norge. Henholdsvis 8 % og 3 % overskrider høyeste tillatte konsentrasjon for Al (0.2 mg/l) og for Zn (0.3 mg/l). Veiledende verdi for Ba (0.1 mg/l) overskrides i 9 % av brønnene. Noen ganske få prøver (<1.5 %) overskrider normene for As, Ni, Ag, Cd, Pb og Se. For de stoffene der det ikke er satt norske grenser er amerikanske eller russiske grenser benyttet. 18 % av borebrønnene overskrider amerikansk norm for U på 0.02 mg/l mens 7 % overskrider den russisk normen for Be på 0.2 mg/l. Det var ingen overskridelser av de norske normene for Cr, Hg og Sb eller av den amerikanske normen for Tl. Få eller ingen av grunnvannsprøvene overskrider de russiske normene for Bi, Co, Li, Mo, Nb, Te, Tl, V, W.

Fordelingen av sporelementer i grunnvann i fjell ser ut til å være kontrollert av litologi (til en viss grad; f.eks. As, Be, Ce, La, Th, Tl, U, Y, Zr), marin påvirkning (Br, I, (B)) og pH. Økende pH gir avtagende konsentrasjoner av Cd, Pb, Ni og Zn og økende konsentrasjoner av As, Mo og W. Konsentrasjonene av bl.a. Al, Be og Th viser en «smilende kurve» når de plottes mot pH, mens konsentrasjonene av Mn, Sr og U viser den motsatte trend.

Resultatene fra tidligere undersøkelser er i grove trekk blitt bekreftet. Grunnvann i fjell er betydelig mer enn H₂O. Granitter kommer særlig dårlig ut for mange elementer; f.eks. Be, Cd, Th, Tl, U, REE, Rn og F. Variasjonsbredden er imidlertid svært stor og en gitt konsentrasjon kan ikke forutsies; - risikoen for forhøyede verdier i en gitt bergart kan imidlertid beregnes. Brønneiere anbefales å få drikkevannet sitt analysert!

Transport og anrikning av radon kan føre til høy radonrisiko for bygninger på løsmasser

Valen, Vidar ¹

Soldal, Oddmund ¹

Sundal, Aud Venke ²

& Lauritzen, S.-E. ²

¹ *Geofuturum as, Sandslimarka 31, P.boks 22, 5049 Sandsli.*

² *Geologisk institutt, Univ. i Bergen, Allègt. 47, 5007 Bergen.*

Radon (^{222}Rn) er en radioaktiv edelgass som dannes naturlig i berggrunn og jordsmonn, og transporteres derfra inn i hus med luftstrømmer.

Fare for radongass i bygninger har tradisjonelt vært basert på forekomst av bergarter med høyt uraninnhold. Det er likevel grunn til å anta at de fleste boliger med forhøyde konsentrasjoner i inneluften er bygget på løsmasser eller svært permeabel grunn som kan gi transport av radon fra store grunnvolum.

Våre resultater viser at løsmassene har en avgjørende betydning for radonrisikoen i et område. Det skyldes særlig at transporten av radon er betydelig lettere i løsmasser enn i fast fjell. Radonkonsentrasjonen i jordluft er ofte høy. I hvilken grad det kan oppstå høye konsentrasjoner av denne gassen i bygninger vil derfor være avhengig av hvor lett gassen transporteres i grunnen. Med samme størrelse på en radioaktiv kilde vil forhold som løsmassenes fuktighetsgrad og kornstørrelse/permeabilitet kunne gi ulike radonkonsentrasjoner i bygninger. I tillegg vil topografiske og klimatiske forhold være av avgjørende betydning.

Radonkonsentrasjonene i jordluft og i boliger varierer mye med årstidene. Tradisjonelt anbefales det å foreta målinger av radon innendørs på vinteren fordi dette i de fleste hus representerer perioden med høyest radonkonsentrasjon. Forsøk viser at løsmasser med høy permeabilitet kan virke som en skorstein på transport av radongass. Den relativt høye jordlufttemperaturen i bakken på vinteren fører til transport av jordluft mot høyere områder. Denne prosessen blir reversert om sommeren.

Foreløpige alfaspektrometrianalyser av løsmasseprøver antyder også muligheten for anrikning av ^{234}U i sedimentene. Uran kan absorberes på Fe- eller Mn-belegg i sedimentet. I et miljø der radium er lite løselig vil denne uran-anrikningen i de ytre delene av korn kunne øke radonemanasjonen.

”Vurdering av rødstøvdeponiet i Mo i Rana til videre utnyttelse for ferrokromslam”

Jan Erik Sørli og Kim Rudolph-Lund

Norges Geotekniske Institutt, Postboks 3930 Ullevål, 0806 Oslo

På jernverkstomten i Mo i Rana har Fundia Bygg og Elkem sine to ”tvillingdeponier” for henholdsvis rødstøv og ferrokromslam. Elkem ønsker å utvide sitt deponi ved å utnytte rødstøvdeponiet som ikke lenger er i bruk. SFT krever deponiet forseglet og det forutsettes at en videre bruk av deponiet ikke vil ha en forverrende effekt på forurensningssituasjonen. Begge deponier er kontrollerte fyllinger med tett membran og drenasje i bunnen slik at sigevannet samles opp og ledes adskilt ut fra begge deponier til felles ledning som fører sigevannet til Mobekken. Det er bygget prøvetakingskum i begge deponier ned til sigevannsledningene slik at prøver kan taes for analyser og sigevannsmengen kan måles.

Rødstøvet inneholder vesentlige mengder tungmetaller og sigevannet fra deponiet har en pH lik 13 og inneholder høye konsentrasjoner av sink, bly, kopper og krom. Sigevannet fra ferrokromslammet, har pH på 11 og inneholder lave konsentrasjoner av tungmetaller. Derimot lekker det ut 83 til 205 ug/l PAH fra ferrokromslam et sammenlignet med rødstøvet som lekker ut kun 17 til 23 ug/l.

Det ble foreslått å deponere ferrokromslam over rødstøvet med forsegling og drenasje under forutsetning at dette ikke vil ha forverrende effekt på forurensningssituasjonen. For å utrede dette ble det utført risteforsøk med vann/sigevann, titeringsforsøk og blandingsforsøk av sigevann for å se hvilken effekt dette kunne ha bl. a. hvis forseglingen ikke virket. Laboratoriearbeidene er utført av Molab AS.

Effekten av pH på utlekking av tungmetaller ble undersøkt med titeringsforsøk og det viste at begge disse avfallene eller deponiene har en meget stor bufferkapasitet. For rødstøvet med reduserende pH reduseres utlekkingskonsentrasjonen av kopper, krom, sink og bly ned til pH 10 og heretter øker konsentrasjonen. Ved pH lik 8 er utlekkingskonsentrasjonene tilnærmet lik den som er ved 13. For mangan og kadmium øker utlekkingskonsentrasjonene med reduserende pH (fra 13 til 5). For rødstøvet er det beregnet at med de målte sigevannsmengder, må det 4200 år med sur nedbør (pH lik 4) for å redusere pH fra 13 til 10.

Risteforsøk som skulle simulere infiltrasjon av sigevann fra ferrokromslammet ned i rødstøvet viste ubetydelig reduksjon i pH sammenlignet med risteforsøk med deionisert vann, som igjen medførte noe mindre utlekking av tungmetaller fra rødstøvet. Dette bekrefter også at rødstøvet har stor pH-bufferkapasitet. Risteforsøkene viste også at ved lave avfall/vann forhold, dvs lite

vann i forhold til avfallsmassen som er mest sannsynlig for dette tilfellet, er utlekkingen av tungmetaller lite avhengig av vanntypen. Med økende vannmengde bidro deionisert vann til større utlekking av tungmetaller enn ferrokromsigevann. Blandingsforsøkene av sigevann (fra deponiene) skulle simulere effekten av forsegling ved redusert mengde sigevann fra rødstøvet i forhold til ferrokromslamsigevannet. De viste at sigevannet fra ferrokromslammet bl. a. pga de lave metallkonsentrasjonene hadde kun en fortynnende effekt.

Konklusjonen er at deponering av ferrokromslammet over rødstøvet medfører ingen negativ effekt i forhold til forurensningssituasjonen i dag og i fremtiden.

Multi-Level Samplers for Groundwater Monitoring

Kim Rudolph-Lund and Johan B. Knudsen*

The Norwegian Geotechnical Institute, PB 3930 Ullevaal Hageby, N-0806 Oslo

** The Department of Geology, University of Oslo, PB 1047 Blindern, N-0316 Oslo*

Abstract

The Gardermoen project has given researchers the opportunity to develop and modify different devices used in the monitoring of groundwater in the Gardermoen aquifer. This article describes the installation and performance of a self-constructed and a commercial multilevel sampler used at the Moreppen research station, Gardermoen over the past two years. The self-constructed multilevel sampler is based on a design first employed at the University of Waterloo, Canada. This design was modified by researchers at the University of Oslo and adapted to local conditions. The commercial multilevel sampler is a Waterloo System sampler from Solinst Canada, Ltd. Both multilevel samplers are able to sample water from specific depths tens of meters below the surface provided the depth to the groundwater table is less than 7 meters. However, they differ in their ease of installation and cost. While the commercial multilevel sampler has the advantage of being reusable, it is more difficult to install and considerably more expensive than our self-constructed multilevel sample.

Poster:

Preliminary Studies of Groundwater Flow in the Hellerud Region using A three-dimensional Computer Model

Author: Laura Landauer

NVE, Postboks 5091 Majorstua, 0301 Oslo

Abstract

Changes in local hydrogeology, due to the train tunnel Romeriksporten, have caused land subsidence in the Hellerud region. The leakage of groundwater into the tunnel alters pore water pressures in the overlying soil, leading to soil instability. It is of interest to understand the long-term impact of this leakage on subsurface pressures and the elevation of the groundwater table in the region.

A three-dimensional computer groundwater model has been constructed to study the groundwater movement in the Hellerud region. The model was created within MODFLOW, using GIS techniques to accurately represent the ground surface topography and bedrock surface. Assumptions were made regarding soil properties, fracture distribution and groundwater movement in the area since the extent of this type of information and data is currently limited. Preliminary steady state simulations indicate the northern boundary condition governs the model results. Further refinement and calibration of the Hellerud model is necessary before long-term leakage studies, using transient simulations, can be conducted.